

明 細 書

半導体製造装置およびそれを用いた半導体製造方法

技術分野

- [0001] 本発明は、半導体製造装置およびそれを用いた半導体製造方法に関し、詳しくは、半導体装置の製造に必要な複数の処理部に対応する複数の真空槽を隣接して有する半導体製造装置およびそれを用いた半導体製造方法に関する。

背景技術

- [0002] 基板上に半導体薄膜を製造する場合、一般に、真空槽を利用した半導体製造装置が用いられる。

このような半導体製造装置は、成膜などの半導体装置の製造に必要な処理機能を有する複数の真空槽と、半導体製造処理を施すべき基板を複数の真空槽間で搬送するための搬送機構を備えているのが一般的である。

搬送機構としては、トレーを使用したインライン方式や、真空ロボットとトランスファーチャンバーを利用した枚葉方式が知られている。

- [0003] インライン方式では、車輪あるいはベアリングを使用してトレーを保持し、チェーンあるいは歯車等を利用して駆動力を与え、トレーの搬送を行う方法が知られている(例えば、特開平2-207546号公報参照)。

また、枚葉方式では、ロボットを配置するトランスファーチャンバーを設置し、このトランスファーチャンバーを中心に各真空槽を設置し、ロボットに取り付けたフォーク等をもって基板を搬送する方法が知られている(例えば、特開平11-222675号公報参照)。

- [0004] インライン方式では、トレーの保持に、車輪あるいはベアリング等を利用する方式がとられることから、装置構造が複雑になる。

例えば、複数の真空槽を使用する場合、仕込み室や反応室といったように、目的毎に異なる真空槽が用いられるが、高い清浄度が要求される反応室にも可動部分が装備され清浄度が低下するという問題がある。

また、トレーが車輪あるいはベアリング等で保持されることから、装置本体への接触

部分が限定され、高周波電源等を用いる場合にはトレーの接地が問題となる。

- [0005] また、半導体装置の製造工程において加熱を伴う場合、加熱前後にチェーンや歯車等の駆動部分が適正に機能し続けるためには、加熱による熱膨張を勘案してある程度のクリアランスを設けておく必要があるが、このようなクリアランスは搬送精度を低下させる恐れがある。

これに対し、駆動部分を熱膨張の少ない材料で構成したり、あるいは、駆動部分を冷却することによって熱膨張を抑えるなどの対策が考えられるが、いずれにしても装置のコストアップや構造の複雑化を招く。

さらに、トレーの位置決めに関しては、トレーの位置を正確に感知するための検知器と、所定の位置で精度よく停止させるための高精度なアクチュエーターや駆動装置が必要となるが、これらも装置のコストアップや構造の複雑化を招く。

- [0006] 一方、真空ロボットを使用する枚葉式搬送方式の場合、真空ロボットを設置するためのトランスファーチャンバーを設ける必要があり、装置設置面積の増大を招く。また、搬送される基板の位置決めを行うために、画像認識装置やその他の位置決め機構を用いる必要があり装置のコストアップや構造の複雑化を招く。

特許文献1:特開平2-207546号公報

特許文献2:特開平11-222675号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0007] この発明は以上のような事情を考慮してなされたものであり、簡易な構成で精度よく基板を搬送できる半導体製造装置およびそれを用いた半導体製造方法を提供するものである。

課題を解決するための手段

- [0008] 本発明は、半導体装置の製造に必要な複数の処理部に対応する複数の真空槽と、各真空槽に接続された排気装置と、各真空槽の底に設けられ複数のガス噴出孔を有する板状のガイドプレートと、ガス噴出孔へガスを供給するガス供給源とを備え、複数の真空槽はシャッターを隔てて互いに隣接し、隣接する2つの真空槽の一方は、所定の処理を施すべき基板を搭載するためにガイドプレート上に載置されるトレーと

、トレーを一方の真空槽から他方の真空槽へガイドプレートに沿って移動させる搬送アームを有する搬送機能部と、制御機能部とを具備し、この制御機能部が、シャッターを開放して隣接する2つの真空槽を連通し、一方および他方の真空槽のガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出し、噴出したガスによって浮上状態にある一方の真空槽のトレーを、搬送アームにて一方の真空槽のガイドプレート上から他方の真空槽のガイドプレート上へガイドプレートに沿って移動させるように制御する半導体製造装置を提供するものである。

- [0009] 本発明の別の観点によれば、上記の半導体製造装置を用い、隣接する2つの真空槽のうち一方の真空槽のトレー上に半導体装置用の基板を搭載し、一方の真空槽を排気装置によって排気して半導体装置の製造に必要な処理を施した後、シャッターを開いて一方および他方の真空槽を連通させ、一方および他方の真空槽のガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出させて基板を搭載したトレーを浮上させ、浮上した状態にあるトレーを搬送アームによって一方の真空槽のガイドプレート上から他方の真空槽のガイドプレート上へガイドプレートに沿って移動させてガスの噴出を止め、シャッターを閉じて他方の真空槽を隔離し、他方の真空槽を排気装置によって排気し、トレー上の基板に更に半導体装置の製造に必要な処理を施す工程を含む半導体製造方法が提供される。

発明の効果

- [0010] 本発明によれば、搬送アームがトレーを移動させるときに、一方および他方の真空槽のガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出させ、噴出したガスによって浮上状態にある一方の真空槽のトレーを、搬送アームが一方の真空槽のガイドプレート上から他方の真空槽のガイドプレート上へガイドプレートに沿って移動させることができるので、基板を搬送させるために必要な可動部分や駆動部分を極力少なくすることができ、簡易な構成で精度よく基板を搬送することができる。さらには、隣接する2つの真空槽の一方に搬送アームが設けられることにより、搬送ロボットや投入前の基板等を一時収容しておくためのトランスファーチャンバーを不要とすることができる。

つまり、搬送機構が簡素で済み、かつ、真空槽内から搬送駆動部を不要とした構成であるため、従来のインライン搬送方式および枚葉搬送方式の基板処理装置の様々

な上記問題点、すなわち装置構造の複雑化およびそれに伴うコストアップ、搬送駆動部による真空槽内の清浄度の低下、トレーの接地、搬送精度の低下および装置設置面積の増大を解消することができる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の実施例1による半導体製造装置の斜視図である。
- [図2]図1に示される半導体製造装置の部分拡大平面図である。
- [図3]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- 。
- [図4]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- 。
- [図5]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- 。
- [図6]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- 。
- [図7]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- 。
- [図8]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- 。
- [図9]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- 。
- [図10]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- [図11]図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。
- [図12]本発明の実施例2による半導体製造装置を示す斜視図である。
- [図13]本発明の実施例3による半導体製造装置を示す斜視図である。
- [図14]本発明の実施例4による半導体製造装置を示す斜視図である。
- [図15]図1に示す半導体製造装置の概略構成図である。

符号の説明

- [0012] 2 動作制御部
 3 圧力制御部
 4 圧力調整ガス供給源
 5 圧力検出部
 6 調整弁
 10, 210 第1真空槽
 11 排気装置
 12, 332 ガイドプレート
 13 ガス噴出孔
 14 ガス導入孔
 15, 335a, 335b, 415a, 415b レール
 20, 320 第2真空槽
 30 シャッター
 40 基板
 50, 350 トレー
 51 係止部
 52 嵌合孔
 59 搬送機能部
 60, 260, 360a, 360b, 460a, 460b 搬送アーム
 61 ベース部
 61a 挿通部
 62, 262, 362a, 362b アーム用ガイド
 63, 263, 363a, 363b アーム部
 70, 370a, 370b, 470a, 470b 駆動部
 71 駆動プーリ
 72 従動プーリ
 73 ワイヤ

- 74 モータ
- 75 スプリング
- 80 不活性ガス供給源
- 81 ガス導入管
- 82 圧力制御部
- 100, 200, 300, 400 半導体製造装置
- 230, 330 第3真空槽
- 340 第4真空槽

発明を実施するための最良の形態

[0013] 本発明の半導体製造装置は、半導体装置の製造に必要な複数の処理部に対応する複数の真空槽と、各真空槽に接続された排気装置と、各真空槽の底に設けられ複数のガス噴出孔を有する板状のガイドプレートと、ガス噴出孔へガスを供給するガス供給源とを備え、複数の真空槽はシャッターを隔てて互いに隣接し、隣接する2つの真空槽の一方は、所定の処理を施すべき基板を搭載するためにガイドプレート上に載置されるトレーと、トレーを一方の真空槽から他方の真空槽へガイドプレートに沿って移動させる搬送アームを有する搬送機能部と、制御機能部とを具備し、この制御機能部が、シャッターを開放して隣接する2つの真空槽を連通し、一方および他方の真空槽のガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出し、噴出したガスによって浮上状態にある一方の真空槽のトレーを、搬送アームにて一方の真空槽のガイドプレート上から他方の真空槽のガイドプレート上へガイドプレートに沿って移動させるように制御するよう構成されてなることを特徴とする。

[0014] 本発明の半導体製造装置において、半導体製造用の真空槽とは、半導体装置の製造に用いられる真空槽を全て含み、その用途については特に限定されない。ここで、本発明において、半導体装置の製造に必要な処理とは、半導体基板、ガラス基板等の各種基板上に成膜、プラズマ処理、アニール処理等の半導体装置を製造する際に行なわれる各種処理を意味する。そのため、隣接して並んだ複数の真空槽には、半導体装置を製造するための所定の処理機能を有する処理部を処理工程順に有する構成としてもよい。なお、本発明にて製造可能な半導体装置は、上記のような

処理が施される半導体装置であり、例えばトランジスタ、メモリ、IC、LSI等の半導体デバイス、有機または無機の太陽電池、液晶、プラズマ、エレクトロルミネッセンス等のディスプレイなどが挙げられる。

[0015] 真空槽としては密閉可能な構造を有し、半導体装置の製造に必要な処理が行われる際の気圧と温度に耐え得るものであればよく、その形状や材質等については特に制約されない。例えば、密閉可能な蓋をもつステンレス製の槽を真空槽として用いることができる。複数の真空槽は、例えば長手方向にストレートに延びる1つのケーシングをシャッターにて複数に区画することにより構成されている。

各真空槽に接続される排気装置としては、各真空槽を所定の真空度に排気できるものであればよく、特に限定されず、例えば一般的な真空ポンプを用いることができる。また、複数の真空槽に1つずつ排気装置が接続されていてもよいし、複数の真空槽に対して1つの排気装置が接続されていてもよい。

[0016] 本発明の半導体製造装置において、制御機能部は、搬送アームおよびシャッターの動作制御を行なう動作制御部と、各真空槽内の圧力制御を行なう圧力制御機能部とを備え、動作制御部と圧力制御機能部が連動する構成であってもよい。

この場合、前記圧力制御機能部は、各真空槽内に圧力調整用ガスを供給する圧力調整ガス供給源と、各真空槽内の圧力を検出する圧力検出部と、各真空槽からの排気量を調整する調整弁と、前記圧力検出部からの信号が入力されて各真空槽内の圧力を調整するよう前記調整弁を制御する圧力制御部とを有する構成としてもよい。具体的に、圧力検出部としては、圧力を定量的かつ連続的に測定できる、例えばキャパシタンスマノメーターを用いることができ、調整弁としては、排気管における真空槽と排気部との間に、例えばスロットルバルブを用いることができ、圧力制御部としては、処理槽内の適正圧力値が設定入力されかつ圧力検出器からの圧力値データと適正圧力値データとを比較して槽内圧力を適正値に維持すべく流量調整弁を制御する、例えば時系列的に制御するシーケンスコントローラーを用いることができる。

さらに、圧力制御機能部は、ガス供給源によるガス噴出孔から噴出されるガスの圧力を制御するための別の圧力制御部を有していてもよい。このような構成において、ガス供給源側の圧力制御部はトレーと基板の合計重量をトレーの面積で除した値を

基準値とし、この基準値の160〜800倍の範囲内でガスの圧力を制御してもよい。

- [0017] ここで、複数の真空槽に1つずつ排気装置が接続される場合、各真空槽と各排気装置との間の排気管に調整弁をそれぞれ配置すればよく、また、複数の真空槽に対して1つの排気装置が接続されている場合は、排気装置から各真空槽へ分岐する分岐管にそれぞれ調整弁を配置すればよい。

また、圧力調整ガス供給源には、圧力検出部と連動し、必要なときに必要な量のガスを導入できる、例えばスロットルバルブのような流量調整弁を設けてもよい。なお、圧力調整ガス供給源は、複数の真空槽に対して1つでもよい。この場合、圧力調整ガス供給源から各真空槽に分岐する分岐管を設け、さらには、各真空槽への圧力調整用ガスの供給を個別に制御できるように各分岐管に流量調整弁を配置するのが好ましい。

また、ガス供給源のガスおよび圧力調整用ガスとしては、真空槽、ガイドプレート、トレイおよび基板等に対してダメージを与えるものでなければよく特に制約されないが、例えば、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガスおよび水素ガスのうちの1つまたは2つ以上の混合ガスを用いることができる。

- [0018] また、ガイドプレートとしては、ガス噴出孔からガスを噴出させてプレートを浮上させ、プレートが移動させられる際のガイドとなり得るものであつて、各真空槽内で行なわれる各種処理の気圧、温度等に耐え得るものであれば、その形状や材質等については特に制約されない。例えば、ガス導入口とガス噴出孔を有する中空の板状体をガイドプレートとして用いることができ、その材料には、例えば、ステンレスを用いることができる。そして、シャッターを隔てて複数隣接する真空槽内において、各真空槽内に設けられるガイドプレートはトレイ搬送方向にストレート状に配置される。

ガイドプレートのガス噴出孔の直径と間隔は、トレイを浮上させて滑らかな移動を実現させるという観点から、なるべく小さな直径で数多く形成することが好ましく、例えば、直径0.5〜4mm程度の孔を10〜100mm程度の間隔で形成することが好ましい。

- [0019] トレイとしては、基板を搭載して複数の真空槽間を移動でき、各真空槽内で行なわれる各種処理の気圧、温度等に耐え得るものであれば、その形状や材質等については特に制約されないが、浮上させられるという観点からなるべく軽量であることが好ま

しい。例えば、ステンレスからなる板状のものをトレーとして用いることができる。

本発明による半導体製造装置において、トレーは搬送アームによって移動させられる際にガイドプレートに係止する係止部を有していてもよい。この係止部としては、トレーの搬送に干渉せずにガイドプレートに係止できるものであればよく、その構成は特に制約されるものではないが、例えば、ガイドプレートが長手方向を有する方形であって、隣接する複数の真空槽において一方および他方の真空槽のガイドプレートはそれらの長手方向に沿って互いに整列するように配設される場合には、トレーの対向する2つの縁を、ガイドプレートの前記の長手方向に延びる2辺に沿うように直角に折り曲げたような形状であってもよい。また、係止部はガイドプレートの2辺に係止できるような独立した構成物であってトレーに取り付けられるように構成されていてもよい。この対向する係止部とガイドプレートとの間の間隙寸法は合計0.1〜3mm程度が好ましい。

トレーに係止部を設けることにより、トレーの移動時に、係止部によってトレーがガイドプレートから外れることなく搬送方向に誘導されるので、精度よく安定してトレーを移動させることができる。

[0020] また、この発明による半導体製造装置は、隣接する2つの真空槽において、一方の真空槽に設けられた搬送機能部は、搬送アームを移動させるための駆動部をさらに備え、駆動部は一对のプーリと一对のプーリによって巻き回されるワイヤーとから構成されてもよい。この場合、一方のプーリは、真空槽の外部に設けられた例えばモータのような回転駆動源にて回転駆動されるように構成するのが好ましい。

このような構成によれば、従来のチェーンや歯車のようにピッチの変化に関係なく滑らかに搬送アームを移動させることができる。また、チェーンや歯車等から構成される搬送機構と比較して可動部分を極力少なくできるので、真空槽の清浄度を損なうこともない。

[0021] また、上記構成の搬送機能部において、駆動部はワイヤーの張力を一定に保つための張力調整機構を有していてもよい。この張力調整機構としては、従動プーリをスプリングにてワイヤーのたるみを取る方向に引っ張る構成、一对のプーリ間におけるワイヤーの途中端に引っ張りスプリングを設けた構成、あるいは一对のプーリ間のワ

ワイヤーの一部を回転自在な押圧プーリにて押圧する構成等が挙げられる。

このような構成によれば、ワイヤーの熱膨張が懸念されるような加熱状況下でもワイヤーの張力を一定に保つことができるため、プーリとワイヤーの空回りを防止でき、精度よく搬送アームを移動させることができる。

- [0022] また、上記構成の搬送機能部において、搬送アームはワイヤーの一点と締結され、ワイヤーが一对のプーリによって巻き回される際に、搬送アームの移動距離とワイヤーの一点の移動距離が等しくてもよい。

このような構成によれば、搬送アームによって移動させられるトレーの移動距離は、搬送アームを移動させるワイヤーの移動距離によって規定されることとなり、簡易な構成で精度よくトレーを移動させることができる。

- [0023] また、本発明の半導体製造装置において、搬送アームにて浮上したトレーを移動させるには、搬送アームの先端をトレーに設けた係合部に係脱可能に係合させて押す方法、搬送アームの先端にてトレーの後端を押す方法を挙げることができる。

前者の場合、係合部はトレーの移動方向に沿って所定の間隔をあけて複数並ぶように配設され、搬送アームは上記駆動部のワイヤーに昇降駆動部を介して結合され、昇降駆動部の下降動作により搬送アームが下降してトレーの移動方向の先頭に位置する係合部と係合してトレーを目的の位置の途中まで移動させた後、昇降駆動部の上昇動作により搬送アームが上昇して先頭に位置する係合部との係合を解いて後方の別の係合部と係合し、トレーを目的の位置まで移動させるように構成することができる。このような構成によれば、トレーを段階的に搬送することが可能となり、搬送アームの移動可能距離が短くても、トレーを目的の位置、すなわち隣接する真空槽まで移動させることが可能となる。

また、後者の場合、搬送アームの1回の搬送方向への動作でトレーを隣接する真空槽まで移動させることが可能となる。この場合、搬送アームのトレー当接部位が隣接する真空槽まで進入できるよう、搬送アームのワイヤーへの取付位置が上記トレー当接位置よりも搬送方向後方側となる形状に搬送アームを構成するのがよい。

- [0024] また、トレーに係合部を設けた上記構成において、搬送アームは、先頭に位置する係合部との係合を解いてから別の係合部と係合するまでの間はガス噴出孔からのガ

スの噴出が中断され、ガスの噴出が中断されている間、トレーはガイドプレート上に接地してその位置に位置決めされてもよい。

また、トレーはガス噴出孔からのガスの噴出が止むことによってガイドプレート上に接地しその位置に位置決めされてもよい。

この場合、位置決めとは、相互に接触するトレーの下面とガイドプレートの上面との摩擦抵抗によりトレーが上記接地位置から搬送方向に動かず、上記摩擦抵抗乃至上記係止部によってトレーが搬送方向と直交する方向に動かない状態を意味する。

このような構成によれば、真空槽内におけるトレーの位置を規定するための位置決め機構を省略でき、半導体製造装置の構成を簡略化できる。

さらに、真空槽、ガイドプレートおよびトレーが金属製であって、真空槽に対するガイドプレートの電氣的な接地が良好であれば、ガイドプレート上に接地するトレーについても良好な電氣的接地が得られる。

[0025] また、本発明は別の観点からみると、上述のこの発明による半導体製造装置を用い、隣接する2つの真空槽のうち一方の真空槽のトレー上に半導体装置用の基板を搭載し、一方の真空槽を排気装置によって排気して半導体装置の製造に必要な処理を施した後、シャッターを開いて一方および他方の真空槽を連通させ、一方および他方の真空槽のガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出させて基板を搭載したトレーを浮上させ、浮上した状態にあるトレーを搬送アームによって一方の真空槽のガイドプレート上から他方の真空槽のガイドプレート上へガイドプレートに沿って移動させてガスの噴出を止め、シャッターを閉じて他方の真空槽を隔離し、他方の真空槽を排気装置によって排気し、トレー上の基板に更に半導体装置の製造に必要な処理を施す工程を含む半導体製造方法を提供するものでもある。

[0026] 本発明の半導体製造方法において、シャッターを開いて隣接する2つの真空槽を連通状態とし、かつ、各真空槽内の圧力を検出し、浮上させるトレーの振動を低減させる所定圧力に各真空槽内の圧力を調整した後、各真空槽の各ガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出させて一方のガイドプレート上のトレーを浮上させ、かつ、各真空槽内の圧力を前記所定圧力に維持しながら、搬送アームにて浮上したトレーを一方の真空槽から他方の真空槽へ移動させるようにしてもよい。

つまり、トレーを浮上させながら搬送する際、連通する双方の真空槽の槽内圧力を適切に調節することにより、ガイドプレートのガス噴出孔から噴出するガスによってトレーが振動するのを防止することができる。換言すると、槽内圧力が低い場合、ガス噴出孔から噴出する不活性ガスによって基板を載せたトレーが振動し、安定した搬送が行えない場合があるが、搬送前および搬送中に各槽内の圧力制御を連続的に継続することで、トレーの浮力を一定に保ち搬送期間中は継続してトレーを安定姿勢に保持することができ、かつ、トレーの振動によってトレー上の基板の破損やずれ動きを防止できる。

[0027] 本発明の半導体製造方法において、浮上させるトレーの振動を低減させる所定圧力に各真空槽内の圧力を調整するに際して、各真空槽内に圧力調整用ガスを導入し、ガス噴出孔へガスを供給するガス供給原のガス導入圧の $1/100000$ 〜1倍、好ましくは $1/800$ 〜 $1/5$ 倍に各真空槽内の圧力を調整することができる。なお、浮上させるトレーの振動を低減させる所定圧力が、ガス噴出孔へガスを供給するガス供給原のガス導入圧の $1/800$ 倍よりも小さいと、ガス噴出孔からのガスの噴出が強すぎるためトレーが振動する場合があり、 $1/5$ 倍よりも大きいと、トレーの浮力が低下してガイドプレートに接触する場合がある。

[0028] また、隣接する2つの真空槽の圧力を浮上させるトレーを振動させない所定圧力に調整する前に、排気装置にて各真空槽内を排気する工程を1回以上行い、排気工程を2回以上行なう場合には、排気工程間に各真空槽内に圧力調整用ガスを導入する工程を行なうようにしてもよい。このような工程により、槽内の不純物濃度を低下させて清浄化することができ、排気とガス導入を繰り返す程より清浄化が高められるので好ましい。真空槽を大気開放した場合、空気中の微細な塵やゴミ等の不純物が真空槽内に侵入するため、このような清浄化(フラッシング)を行なうことにより、真空槽内での所定の半導体製造処理を高精度で行なうことができる。

[0029] また、連通状態の隣接する2つの真空槽内を浮上させるトレーを振動させない所定圧力に調整する間、2つの真空槽のうち少なくとも一方の真空槽の排気を停止するようにしてもよい。

つまり、各真空槽内をそれぞれ圧力制御すると、各真空槽についての圧力制御が

それぞれ干渉しあい、圧力調整が困難となる問題が生じるが、一方の真空槽の圧力制御で他方の真空槽の圧力制御もまかなえば、上記のような圧力制御の干渉がなく容易に行うことができる。

[0030] 以下、図面に示す実施例に基づいてこの発明を詳細に説明する。

実施例 1

[0031] この発明の実施例1による半導体製造装置について、図1〜11および図15に基づいて説明する。

図1は実施例1による半導体製造装置の斜視図、図2は図1に示される半導体製造装置の部分拡大図、図3〜11は図1に示される半導体製造装置のプレートの移動方法を説明する説明図である。図15は図1に示される半導体製造装置の概略構成図である。なお、本発明の半導体製造装置の構成を示す図1および図15において、半導体装置の製造に必要な処理を施す処理部は図示省略している。

[0032] 図1に示されるように、実施例1による半導体製造装置100は、半導体製造用の第1および第2真空槽10, 20と、第1および第2真空槽10, 20にそれぞれ接続された排気装置11, 21と、第1および第2真空槽10, 20の底にそれぞれ設けられ複数のガス噴出孔13, 23を有する中空板状のガイドプレート12, 22とを備えている。

第1および第2真空槽10, 20はシャッター30を隔てて互いに隣接し、第1真空槽10は半導体製造処理を施すべき基板40を搭載してガイドプレート12上に載置されるトレー50と、トレー50を第1真空槽10から第2真空槽20へガイドプレート12, 22に沿って移動させる搬送アーム60を有する搬送機能部59とを備えている。

[0033] 半導体製造装置100は、第1および第2真空槽10, 20を隔てているシャッター30が開いて隣接する第1および第2真空槽10, 20が連通状態にあり、搬送アーム60がトレー50を移動させるときに、第1および第2真空槽10, 20のガイドプレート12, 22のガス噴出孔13, 23からガスが噴出し、噴出したガスによって浮上状態にある第1真空槽10内のトレー50を、搬送アーム60が第1真空槽10のガイドプレート12上から第2真空槽20のガイドプレート22上へガイドプレート12, 22に沿って移動させるように構成されている。

[0034] 第1および第2真空槽10, 20はステンレス製で、内面には鏡面加工が施されている

。

また、ガイドプレート12, 22もステンレス製で、ガス導入口14, 24から導入されたガスをガス噴出孔13, 23から噴出できるように中空構造になっており、平面視で長方形の形状を有する。ガイドプレート12, 22は、表面に鏡面加工が施され、幅600mm、長さ1000mm、厚さ30mmの寸法を有する。ガス噴出孔13, 23の直径は0.5mmで、10mm間隔で5684個形成されている。

[0035] 第1真空槽10のガイドプレート12と、第2真空槽20のガイドプレート22は、それらの長手方向に沿って互いに整列するように配設されている。

第1真空槽10のガイドプレート12の端から、第2真空槽20のガイドプレート22の端までの距離は1300mmで、この距離の範囲内でトレイ50の移動が可能となっている。

。

トレイ50はステンレス製で、平面視で長方形の形状を有している。ガイドプレート12との対向面には滑らかな移動を実現するために鏡面加工が施され、幅605mm、長さ900mm、厚さ2mmの寸法を有している。

トレイ50は、搬送アーム60によって移動させられる際にガイドプレート12, 22の長手方向と平行な2辺に係止するための係止部51を有している。係止部51は、トレイ50の長手方向と平行な両縁を略直角に折り曲げたような形状を有している。

トレイ50は、搬送アーム60と係合するための嵌合穴(係合部)52を有し、嵌合穴52はトレイ50の搬送方向Fの先端近傍と、トレイ50の後端近傍にそれぞれ形成されている。

[0036] 搬送アーム60は、後述する駆動部70のワイヤーと締結されて第1真空槽10の底面に設けられたレール15に沿って移動するベース部61と、ベース部61に沿って上下方向に昇降するように設けられたアーム用ガイド62と、アーム用ガイド62に基端が取り付けられ、アーム用ガイド62の上下動作によって上下して下方へ折れ曲がった先端がトレイ50の嵌合穴52に挿抜されるアーム部63と、ベース部61に対してアーム用ガイド62を昇降させる昇降駆動部(図示省略)から主に構成されている。なお、昇降駆動部としては、真空槽内の温度に耐え得る簡素な構成のものが好ましく、例えばシリンダ内に注入したガス圧により上昇し、ガス排出後はスプリングにより下降するピ

ストン機構が挙げられる。この場合、ガス注入には耐熱性のフレキシブルチューブを用いることができる。

- [0037] 搬送アーム60やベース部61等の搬送機能部59は主としてステンレス製である。図2に示されるように、ベース部61はワイヤー73を挿通させてベース部61とワイヤー73を締結するための挿通部61aを有し、ベース部61とワイヤー73は、前記挿通部61aにワイヤー73が挿通された状態で、挿通部61aの両脇に位置するワイヤー73にカシメ部材75が取り付けられることにより締結されている。

アーム部63の表面にはトレー50の嵌合穴52に嵌った際に嵌合穴52との摩擦力を確保するためのヘアライン加工が施されている。

- [0038] 駆動部70は、駆動プーリ71と、従動プーリ72と、搬送アーム60のベース部61と締結され駆動プーリ71と従動プーリ72によって巻き回されるワイヤー73と、駆動プーリ71を駆動するモータ74とから主に構成されており、搬送アーム60をワイヤー73の移動距離と同距離分だけ移動することができる。

- [0039] また、駆動部70は、ワイヤー73の張力を一定に保つための張力調整機構としてのスプリング75をさらに有している。実施例では、ワイヤー73のたるみを取る方向に従動プーリ72をスプリング75で引っ張ることにより、ワイヤー73の張力を一定に保っている。

駆動プーリ71と従動プーリ72は共にステンレス製で直径は100mmである。

搬送アーム60の前後方向の移動距離は、レール15の有効長か、あるいは駆動プーリ71と従動プーリ72の間隔のいずれか短い方で規定されるが、実施例では駆動プーリ71と従動プーリ72の間隔の方がレール15より短く、これによって搬送アーム60の前後方向の移動距離は650mmとなっている。

- [0040] また、この半導体製造装置は、図15に示すように、搬送アームおよびシャッターの動作制御を行なう動作制御部2と、第1および第2真空槽10, 20内の圧力制御を行なう圧力制御機能部とを有する制御機能部を備えている。

前記圧力制御機能部3は、第1および第2真空槽10, 20のガイドプレート12, 22にそれぞれ不活性ガスを供給する不活性ガス供給源80, 80と、第1および第2真空槽10, 20内に圧力調整用ガスを供給する圧力調整ガス供給源4, 4と、各真空槽10,

20内の圧力を検出する圧力検出部5, 5と、各真空槽10, 20からの排気量を調整する調整弁6, 6と、前記圧力検出部5, 5からの信号が入力されて各真空槽10, 20内の圧力を調整するよう前記調整弁6, 6を制御する圧力制御部3とを有している。

[0041] さらに、ガス供給源80は、ガイドプレート12, 22のガス導入口14, 24と接続されるガス供給管81と、ガス供給管81へ供給されるガスの圧力を制御する圧力制御部82とから主に構成されている。

圧力制御部82が制御するガス導入の圧力は、トレー50の重量とトレー50に載置される基板40の重量との合計によって決められる。なお、これについて詳しくは後述する。

[0042] 以下、上記構成からなる半導体製造装置の主としてトレーの搬送動作について図3〜11および図15に基づいて説明する。図3〜11は図1に示される半導体装置のトレーの移動方法を説明する説明図であり、各図において(a)は平面図、(b)は側面図であり、第1および第2真空槽の壁、シャッター、ガス供給源、排気装置およびトレーに搭載される基板については図示を省略している。また、第1真空槽と第2真空槽の存在については、二点鎖線で概念的に表わしている。

[0043] 図3(a)および図3(b)に示される状態は、第1真空槽10における半導体製造処理が完了した状態であり、基板40(図1参照)を搭載したトレー50は第1真空槽10のガイドプレート12上のホームポジションにあり、搬送アーム60のアーム部63は上昇した状態であってトレー50の嵌合穴52とは係合していない。

次に、図4(a)および図4(b)に示されるように、搬送アーム60のアーム部63をアーム用ガイド62に沿って下降させ、アーム部63の先端をトレー50の移動方向に向かって先頭に位置する嵌合穴52に挿入する。この際、第1および第2真空槽10, 20を隔てていたシャッター30(図1参照)を上昇させ、第1および第2真空槽10, 20を連通状態にする。

[0044] 次に、図5(a)および図5(b)に示されるように、第1および第2真空槽10, 20のガイドプレート12, 22からガスを噴出させてトレー50を浮上させ、搬送アーム60をレール15の往端まで移動させる。この際、トレー50は浮上した状態にあるため、搬送アーム60は僅かな力でトレー50をスムーズに移動させることができ、搬送アーム60や駆動

部70にかかる負担は非常に小さい。

次に、図6(a)および図6(b)に示されるように、アーム部63をアーム用ガイド62に沿って上昇させ、アーム部63の先端をトレー50の嵌合穴52から抜く。なお、このアーム部63の上昇動作と同時か、或いはそれより少し前に、ガイドプレート12, 22からのガスの噴出を止め、トレー50をガイドプレート12, 22上に接地させ次の移動までの位置に待機(位置決め)させておく。

[0045] 次に、図7(a)および図7(b)に示されるように、搬送アーム60を第1真空槽10内のホームポジションまで戻す。

次に、図8(a)および図8(b)に示されるように、アーム部63をアーム用ガイド62に沿って下降させ、アーム部63の先端をトレー50の後端に位置する嵌合穴52に挿入する。

次に、図9(a)および図9(b)に示されるように、第1および第2真空槽10, 20のガイドプレート12, 22から中断していたガスの噴出を再開させてトレー50を浮上させ、搬送アーム60をレール15の往端まで移動させる。この2回目の移動によってトレー50は第2真空槽20のガイドプレート22上のホームポジションまで搬送される。

[0046] 次に、図10(a)および図10(b)に示されるように、ガイドプレート12, 22からのガスの噴出を止め、トレー50をガイドプレート22上に接地させて位置決めした後、アーム部63の先端をトレー50の嵌合穴52から抜く。

その後、図11(a)および図11(b)に示されるように、搬送アーム60を再び第1真空槽10内のホームポジションまで戻し、上昇させていたシャッター30(図1参照)を下降させて第1および第2真空槽10, 20を再び隔離する。この後、第2真空槽20に接続された排気装置21(図1参照)を作動させて第2真空槽20内を排気し、トレー50上の基板40(図1参照)に更に半導体製造処理を施す。

[0047] 次に、上記のごとくトレーを搬送する際の主として真空槽内の圧力制御についての一例を、図15を用いて説明する。

[0048] 先ず、第1真空槽10内にガイドプレート12上に基板40を載せたトレー50を設置する。このとき、第1および第2真空槽10, 20は遮断されており、第2真空槽20は真空状態に維持されている。

次に、第1真空槽10を密閉し、排気装置11を駆動して内部の空気を排気する。この際、第1真空槽10内の不純物濃度を十分下げるために排気装置11の排気能力、例えば5Paまで排気する。次に、排気装置11を停止し、第1真空槽10内に圧力調整ガス供給源4より例えば窒素ガスを2000Paまで注入する。

[0049] 次に、第1真空槽10内をより清浄化するために、再び排気装置11を作動させて第1真空槽10内に注入された窒素を排気する。この際、排気装置11の排気能力の例えば5Paまで排気する。窒素ガスの注入と排気の動作を繰り返すことで第1真空槽10内の不純物濃度をより一層効果的に下げることができるため、本実施例では5回繰り返す。その後、清浄化された第1真空槽10内で基板40に対して所定の処理が実施される。

[0050] 第1真空槽10での処理後、第1真空槽10内を5Paまで排気する。その後、シャッター30を開放して第1および第2真空槽10、20を連通し、搬送時のトレー50の振動を低減するために、予め第1および第2真空槽10、20の槽内圧力を一方または両方の圧力調整ガス供給源1、2から窒素ガスを導入して槽内圧力をほぼ等しい値まで上昇させる。その圧力は、トレー50の重量とトレー50上の基板40の重量との合計によって設定でき、あるいは、後に各ガイドプレート12、22のガス噴出孔13、23からガスを噴出するための不活性ガス供給源80、80のガス導入圧の $1/800 \sim 1/5$ 倍となるように設定することができる。

上記のようにガイドプレート12、22は幅600mm、長さ1000mm、厚さ30mmの寸法を有し、かつ、ガス噴出孔13、23の直径は0.5mm、10mm間隔で5684個形成されている。トレー50は幅605mm、長さ900mm、厚さ2mmの寸法を有している。また、トレー50の重量は約10Kg、基板40の重量は約8Kgである。このような場合、トレー50と基板40の合計重量約18Kgをトレー50の面積である約5400cm²で除した値である300Pa程度を基準とし、この基準値の1～33倍程度、すなわち300～10000Pa程度まで第1・第2真空槽10、20の槽内圧力を上昇させる。

なお、本実施例では、先にシャッター30を開放してから第1・第2真空槽1、2内に窒素を供給した場合を例示したが、窒素ガスを注入した後にシャッター30を開放してもよい。

[0051] 次に、ガス供給源80、80から不活性ガスとして窒素を供給してガイドプレート12、22の各ガス噴出孔13から噴出させて基板40を載せたトレー50を浮上させ、搬送アーム60のアーム部63を搬送方向へ移動させてトレー50と共に基板40を第1真空槽10から第2真空槽20へ搬送する。この場合も、各ガス供給源80から供給されるガスの圧力は、トレー50の重量とトレー50上の基板40の重量との合計によって設定することができる。すなわち、トレー50と基板40の合計重量約18Kgをトレー50の面積である約5400cm²で除した値である300Pa程度を基準とし、この基準値の160〜800倍程度の50000〜240000Pa程度に各ガス供給源80によるガス導入圧を制御する。

[0052] この際、噴出孔13から噴出する窒素ガスの注入によって第1・第2真空槽10、20内の圧力が上昇し、そのまま放置すると基板40を載せたトレー50は浮力を失ってガイドプレート12、22に接触してしまい、良好な搬送を得られない。そこで、第2真空槽20側の排気装置21および圧力検出部5、調整弁6等を使用し、第1・第2真空槽10、20の槽内圧力が浮上するトレーの振動を低減させる上記の圧力300〜10000Paを維持するように連続的に排気調整が行なわれる。つまり、ガス供給源80、80から第1・第2真空槽10、20内に流入するガス流量と同じガス流量で排気する。なお、このときに第1真空槽10側の排気装置11および圧力調整部の圧力検出部5、調整弁6等を併用すると、第2真空槽20側の圧力制御と第1真空槽10側の圧力制御が干渉し合って高精度な制御が困難なことから、第1真空槽10側において排気装置11を停止するか、調整弁6を閉じるか、もしくは両方を実施するか、もしくは排気装置11からの排気を第1真空槽10に循環させる配管や弁等を別に設けるかして圧力を制御する。なお、これとは逆に、第1真空槽10側のみの圧力制御としてもよい。

[0053] 基板40を載せたトレー50が第2真空槽20のガイドプレート22の直上まで搬送された後、ガス供給源80、80からの窒素ガスの供給を停止すると、トレー50はガイドプレート22上に落下し、搬送が完了する。

その後、アーム部63を待機位置まで後退させ、シャッター30を閉じ、第2真空槽20において所定の処理を実施する。なお、所定の処理に先立って、上述と同様に第2真空槽20内において窒素ガスの注入と排気を繰り返して清浄化してもよい。

実施例 2

[0054] 本発明の実施例2について図12に基づいて説明する。図12は実施例2による半導体製造装置の斜視図である。

図12に示されるように、実施例2による半導体製造装置200は、実施例1による半導体製造装置100(図1参照)に第3真空槽230を更に追加したものである。

第3真空槽230は、第1真空槽210とほぼ同様の構成を有するが、搬送アーム260のアーム用ガイド262に対するアーム部263の取り付け方向のみが第1真空槽210のものと異なっている。その他の構成は、実施例1による半導体製造装置100と同じである。

なお、第2真空槽220から第3真空槽230へのトレー搬送に際しての槽内圧力制御は、実施例1と同様である。

実施例 3

[0055] 本発明の実施例3について図13に基づいて説明する。図13は実施例3による半導体製造装置の斜視図である。

図13に示されるように、実施例3による半導体製造装置300は、実施例1による半導体製造装置100(図1参照)に第3真空槽330と第4真空槽340を更に追加したものである。これに伴い、実施例3の第3真空槽には、ガイドプレート332の両側にレーン335a, 335b、搬送アーム360a, 360bおよび駆動部370a, 370bがそれぞれ設けられている。

搬送アーム360aは、第2真空槽320と第3真空槽330の間でトレー350を搬送する役割を担い、搬送アーム360bは、第3真空槽330と第4真空槽340の間でトレー350を搬送する役割を担っている。このため、搬送アーム360a, 360bは、アーム用ガイド362a, 362bに対するアーム部363a, 363bの取り付け方向がそれぞれ異なっている。

また、トレー350は、搬送方向Fと平行に対向する2つの縁に、搬送アーム360a, 360bに対応した嵌合穴352a, 352bがそれぞれ形成されている。

その他の構成は、実施例1による半導体製造装置100と同じである。また、第2真空槽320から第3真空槽330へのトレー搬送および第3真空槽330から第4真空槽340へのトレー搬送に際しての槽内圧力制御は、実施例1と同様である。なお、実施例3

と同様の構成を繰り返すことにより、5槽、6槽、或いはそれ以上の真空槽間でトレーを移動させることが可能となる。

実施例 4

[0056] この発明の実施例4について図14に基づいて説明する。図14はこの発明の実施例4による半導体製造装置の斜視図である。

図14に示されるように、実施例4による半導体製造装置400は、ガイドプレート412の両側にレール415a, 415b、搬送アーム460a, 460bおよび駆動部470a, 470bをそれぞれ設けたものである。

これに伴い、トレー450は、搬送方向Fと平行に対向する2つの縁に、搬送アーム460a, 460bに対応した嵌合穴452a, 452bがそれぞれ形成されている。その他の構成は実施例1による半導体製造装置100(図1参照)と同じである。

つまり、実施例1では、ガイドプレート12の片側から受ける駆動力によってのみトレー450を移動させていたが、実施例4ではガイドプレート412の両側から駆動力が与えられる。このため、実施例1による半導体製造装置100よりも安定した搬送が可能となっている。

[0057] (他の実施例)

上記実施例では、トレーの搬送に際して、第1および第2真空槽10、20の槽内圧力を調整するための圧力調整用ガスを圧力調整ガス供給源4、4にて供給する場合を例示したが、圧力調整ガス供給源4、4を省略し、ガス供給源80、80にて圧力調整用ガスを供給するようにしてもよい。この場合、ガイドプレート12、22と連通する配管とは別に、ガス供給源80、80と第1・第2真空槽10、20とを連通する配管および各配管の途中にスロットルバルブ等の調整弁を設けることにより実施可能である。

産業上の利用可能性

[0058] 本発明は、半導体基板、ガラス基板等の各種基板に所定の処理(成膜処理、プラズマ処理、アニール処理、エッチング処理等の半導体装置製造分野で行われる様々な処理)を施すための製造装置および製造方法全般に適用することができ、例えば、トランジスタ、メモリ、IC、LSI等の半導体デバイス、有機または無機の太陽電池、液晶、プラズマ、エレクトロルミネッセンス等のディスプレイなどを製造するための半導体

製造装置および半導体製造方法に適用できる。

請求の範囲

- [1] 半導体装置の製造に必要な複数の処理部に対応する複数の真空槽と、各真空槽に接続された排気装置と、各真空槽の底に設けられ複数のガス噴出孔を有する板状のガイドプレートと、ガス噴出孔へガスを供給するガス供給源とを備え、複数の真空槽はシャッターを隔てて互いに隣接し、隣接する2つの真空槽の一方は、所定の処理を施すべき基板を搭載するためにガイドプレート上に載置されるトレーと、トレーを一方の真空槽から他方の真空槽へガイドプレートに沿って移動させる搬送アームを有する搬送機能部と、制御機能部とを具備し、この制御機能部が、シャッターを開放して隣接する2つの真空槽を連通し、一方および他方の真空槽のガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出し、噴出したガスによって浮上状態にある一方の真空槽のトレーを、搬送アームにて一方の真空槽のガイドプレート上から他方の真空槽のガイドプレート上へガイドプレートに沿って移動させるように制御することを特徴とする半導体製造装置。
- [2] 制御機能部が、搬送アームおよびシャッターの動作制御を行なう動作制御部と、各真空槽内の圧力制御を行なう圧力制御機能部とを備え、
前記圧力制御機能部は、各真空槽内に圧力調整用ガスを供給する圧力調整ガス供給源と、各真空槽内の圧力を検出する圧力検出部と、各真空槽からの排気量を調整する調整弁と、前記圧力検出部からの信号が入力されて各真空槽内の圧力を調整するよう前記調整弁を制御する圧力制御部とを有する請求項2に記載の半導体製造装置。
- [3] トレーは搬送アームによって移動させられる際にガイドプレートに係止する係止部を有する請求項1または2に記載の半導体製造装置。
- [4] 搬送機能部が、搬送アームを移動させるための駆動部をさらに備え、駆動部は一对のプーリと一对のプーリによって巻き回されるワイヤーとから構成される請求項1-3の何れか1つに記載の半導体製造装置。
- [5] 駆動部はワイヤーの張力を一定に保つための張力調整機構を有する請求項4に記載の半導体製造装置。
- [6] 搬送アームはワイヤーの一点と締結され、ワイヤーが一对のプーリによって巻き回さ

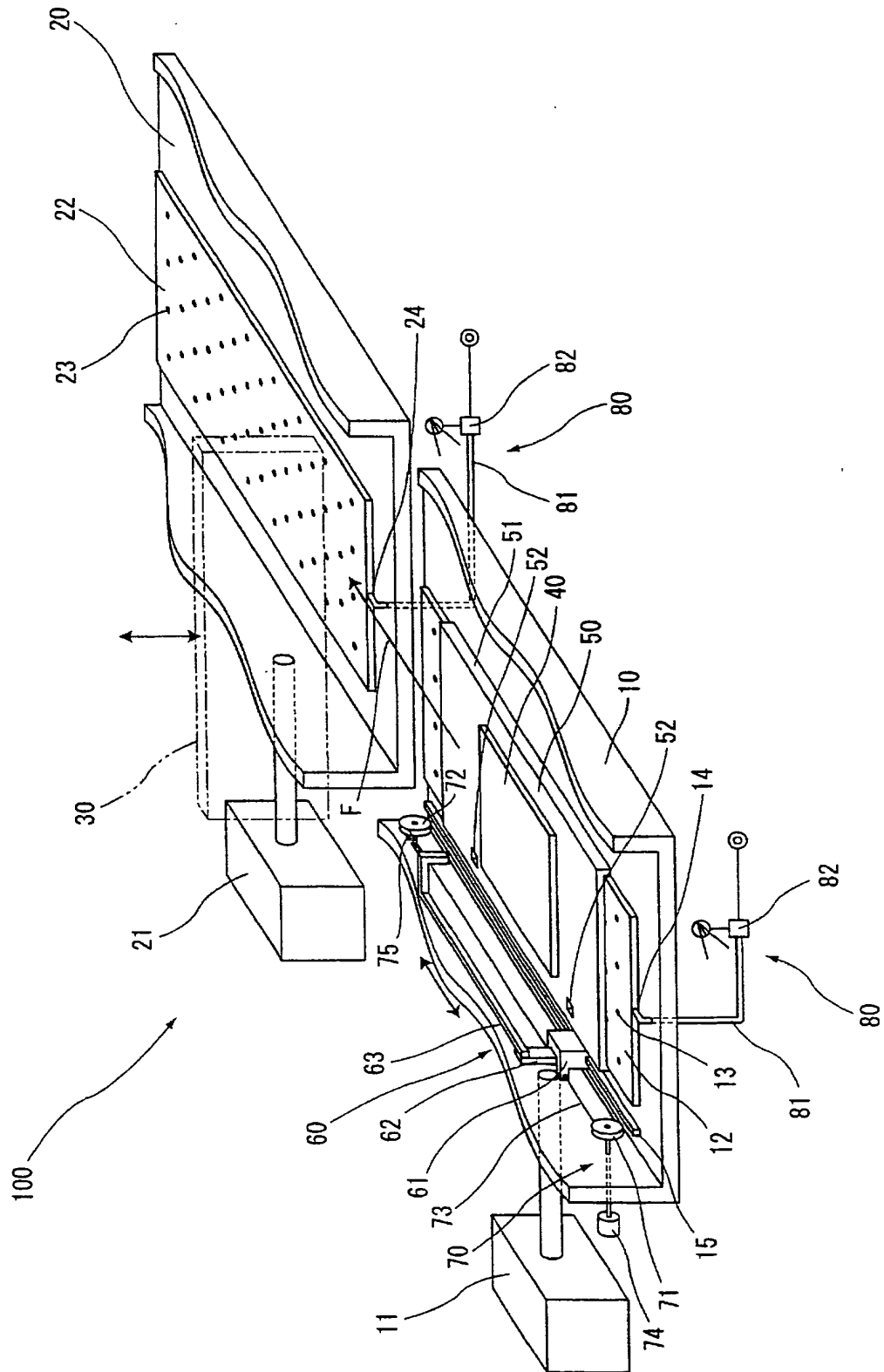
れる際に、搬送アームの移動距離とワイヤーの一点の移動距離が等しい請求項4または5に記載の半導体製造装置。

- [7] トレーはガス噴出孔からのガスの噴出が止むことによってガイドプレート上に接地しその位置に位置決めされる請求項1〜6のいずれか1つに記載の半導体製造装置。
- [8] トレーは搬送アームによって移動させられる際に搬送アームと係合するための複数の係合部を有し、複数の係合部はトレーの移動方向に沿って所定の間隔をあけて並ぶように配設され、搬送アームはトレーの移動方向に向かって先頭に位置する係合部と係合してトレーを目的の位置の途中まで移動させた後、先頭に位置する係合部との係合を解いて別の係合部と係合し、トレーを目的の位置まで移動させる請求項1〜7のいずれか1つに記載の半導体製造装置。
- [9] 搬送アームが先頭に位置する係合部との係合を解いてから別の係合部と係合するまでの間はガス噴出孔からのガスの噴出が中断され、ガスの噴出が中断されている間、トレーはガイドプレート上に接地してその位置に位置決めされる請求項8に記載の半導体製造装置。
- [10] 請求項1に記載の半導体製造装置を用い、隣接する2つの真空槽のうち一方の真空槽のトレー上に半導体装置用の基板を搭載し、一方の真空槽を排気装置によって排気して半導体装置の製造に必要な処理を施した後、シャッターを開いて一方および他方の真空槽を連通させ、一方および他方の真空槽のガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出させて基板を搭載したトレーを浮上させ、浮上した状態にあるトレーを搬送アームによって一方の真空槽のガイドプレート上から他方の真空槽のガイドプレート上へガイドプレートに沿って移動させてガスの噴出を止め、シャッターを閉じて他方の真空槽を隔離し、他方の真空槽を排気装置によって排気し、トレー上の基板に更に半導体装置の製造に必要な処理を施す工程を含む半導体製造方法。
- [11] シャッターを開いて隣接する2つの真空槽を連通状態とし、かつ、各真空槽内の圧力を検出し、浮上させるトレーの振動を低減させる所定圧力に各真空槽内の圧力を調整した後、各真空槽の各ガイドプレートのガス噴出孔からガスを噴出させて一方のガイドプレート上のトレーを浮上させ、かつ、各真空槽内の圧力を前記所定圧力に維持しながら、搬送アームにて浮上したトレーを一方の真空槽から他方の真空槽へ移

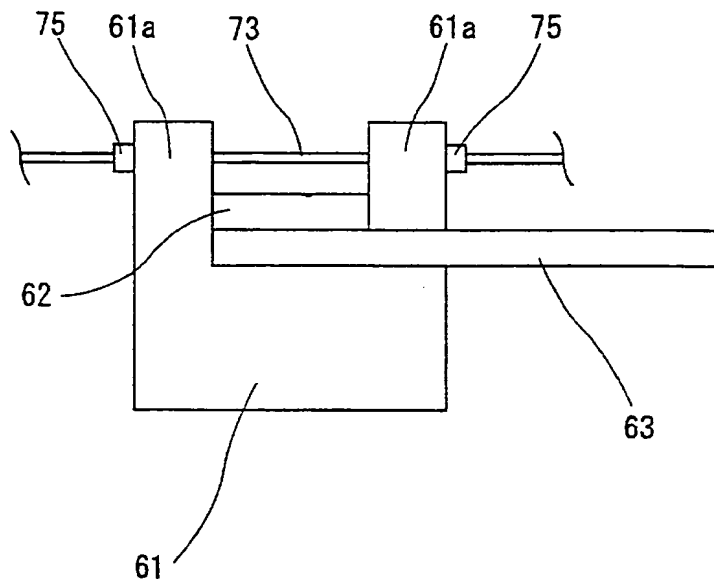
動させる請求項10に記載の半導体製造方法。

- [12] 浮上させるトレーの振動を低減させる所定圧力に各真空槽内の圧力を調整するに際して、各真空槽内に圧力調整用ガスを導入し、ガス噴出孔へガスを供給するガス供給原のガス導入圧の $1/800 \sim 1/5$ 倍に各真空槽内の圧力を調整する請求項11に記載の半導体製造方法。
- [13] 隣接する2つの真空槽の圧力を浮上させるトレーの振動を低減させる圧力に調整する前に、排気装置にて各真空槽内を排気して清浄化する工程を1回以上行い、排気工程を2回以上行なう場合には、排気工程間に各真空槽内に清浄化ガスを導入する請求項11または12に記載の半導体製造方法。
- [14] 連通状態の隣接する2つの真空槽内の圧力を、浮上させるトレーの振動を低減させる圧力に調整する間、2つの真空槽のうち少なくとも一方の真空槽の排気を停止する請求項11～13の何れか1つに記載の半導体製造方法。
- [15] ガス供給源のガスおよび圧力調整用ガスが、窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガスおよび水素ガスのうちの1つまたは2つ以上の混合ガスである請求項12～14の何れか1つに記載の半導体製造方法。

[図1]

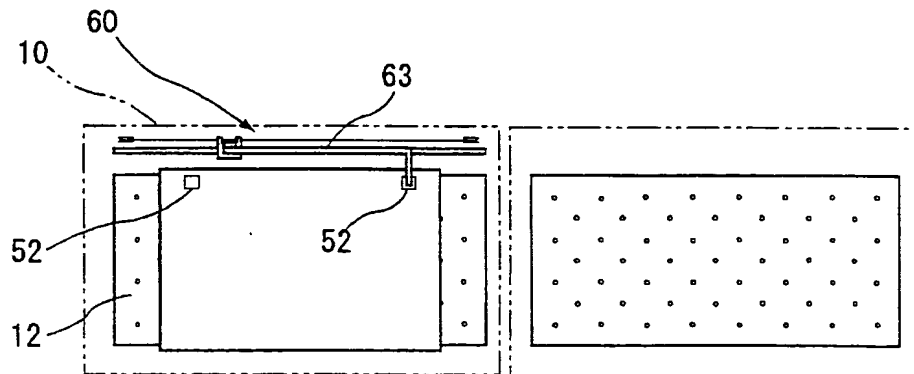


[図2]

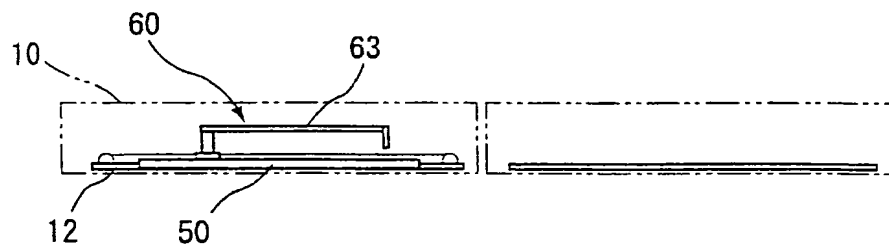


[図3]

(a)

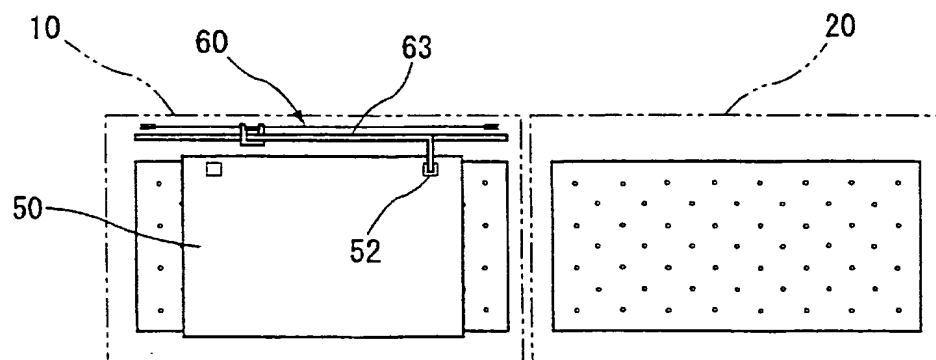


(b)

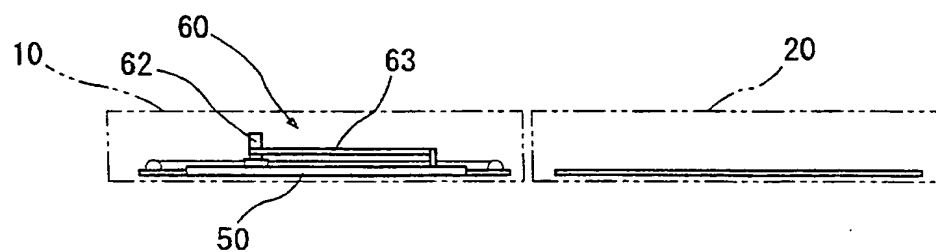


[図4]

(a)

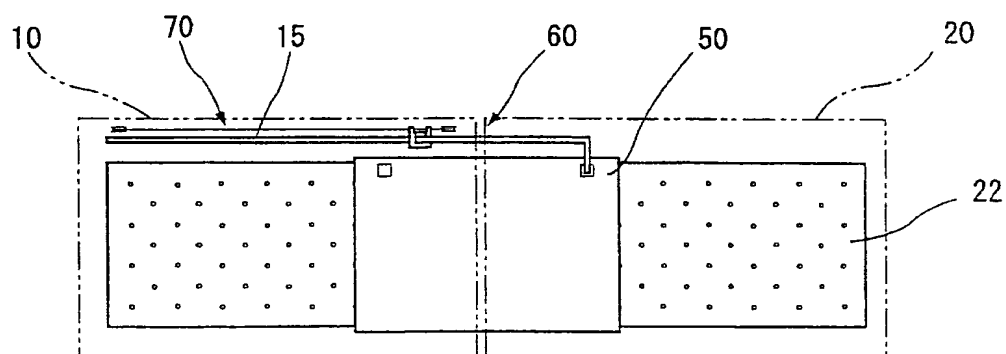


(b)

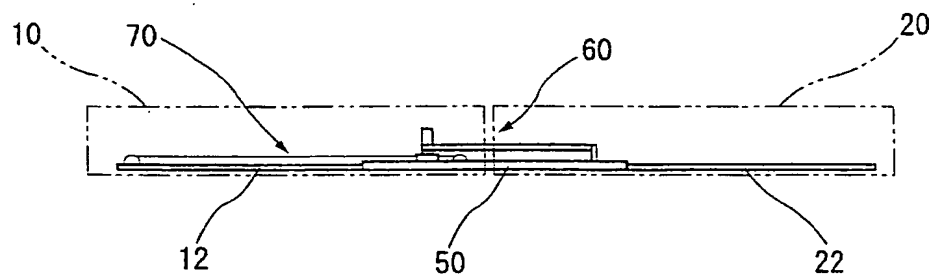


[図5]

(a)

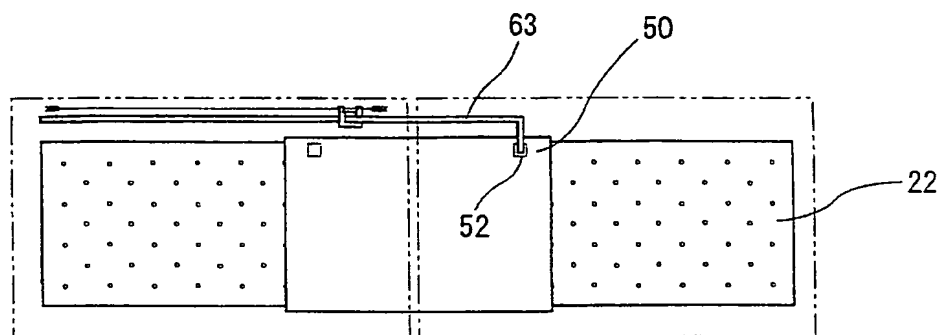


(b)

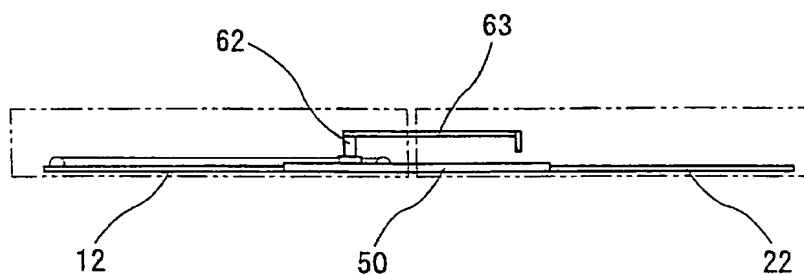


[図6]

(a)

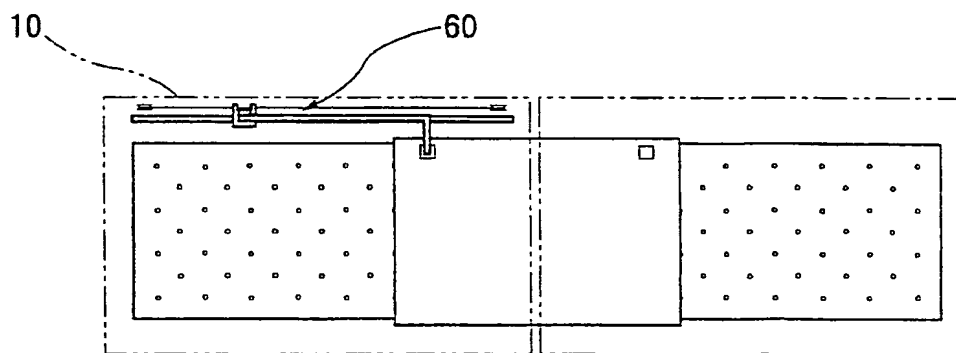


(b)

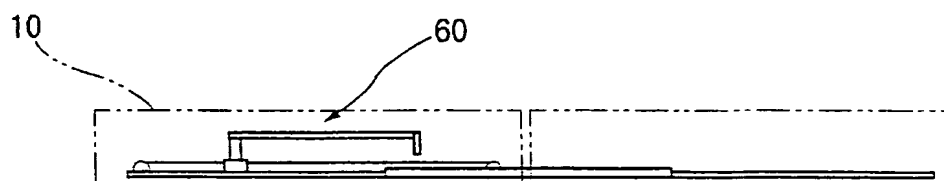


[図7]

(a)

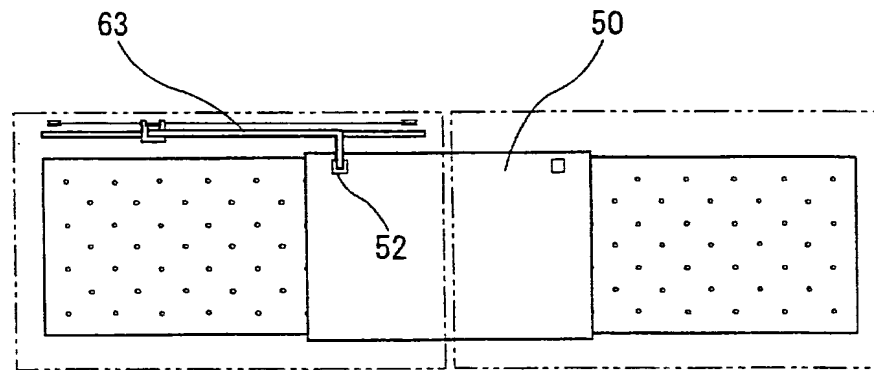


(b)

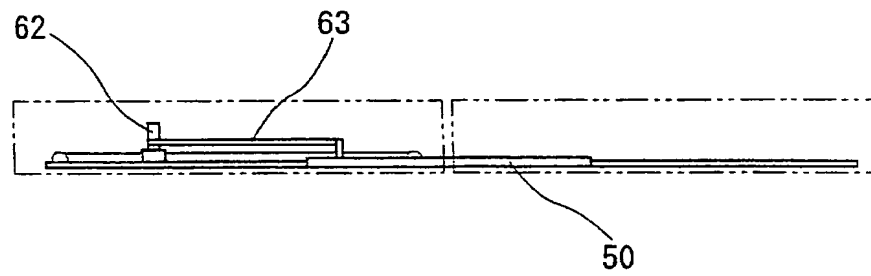


[図8]

(a)

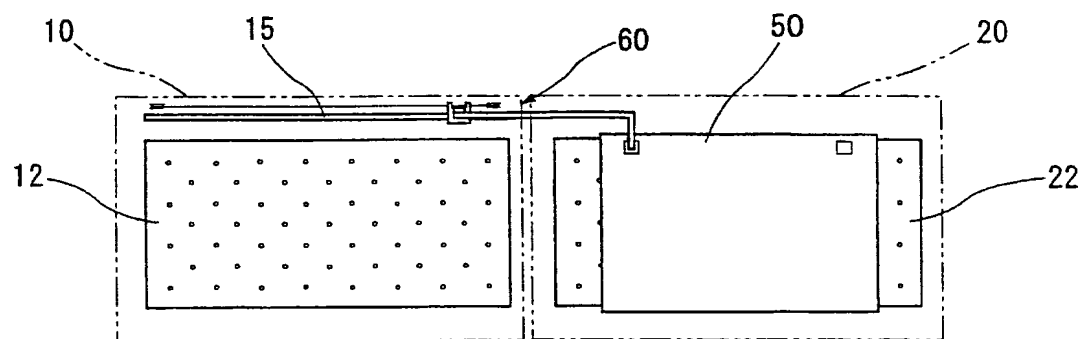


(b)

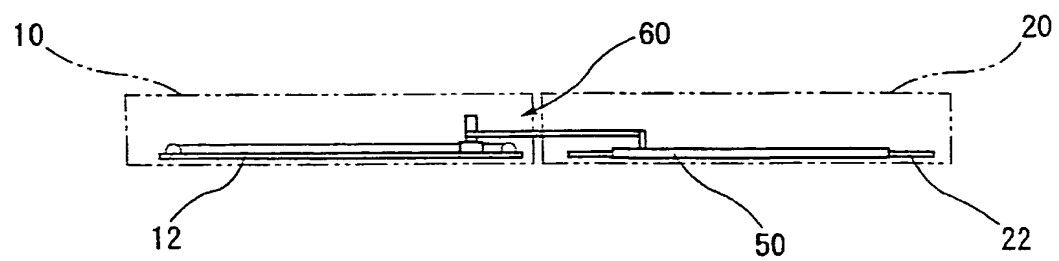


[図9]

(a)

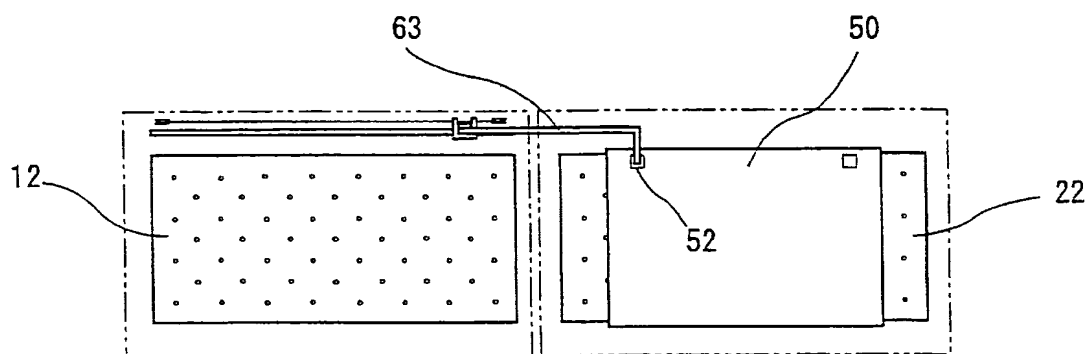


(b)

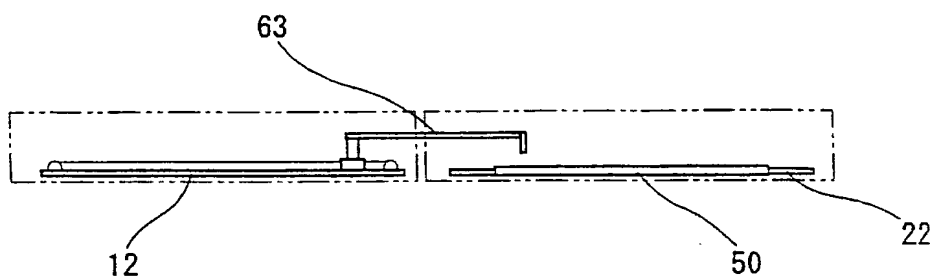


[図10]

(a)

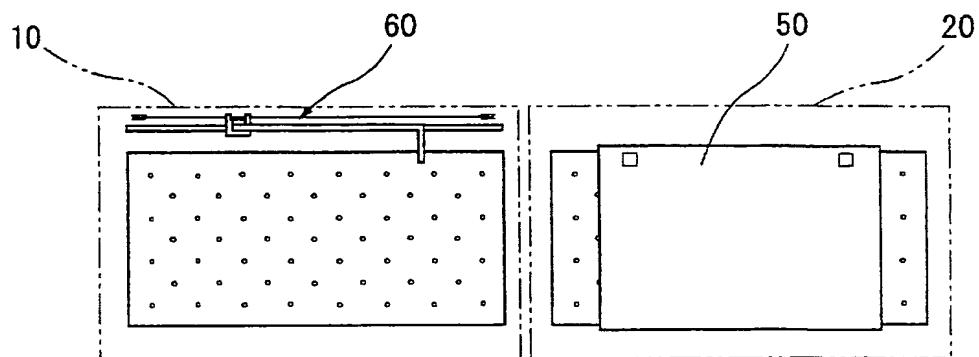


(b)

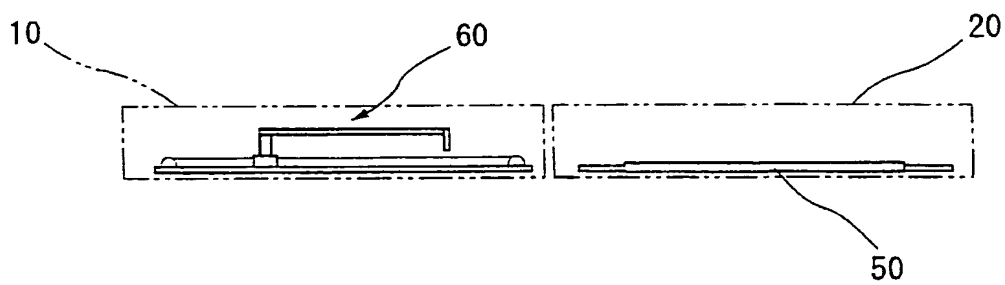


[図11]

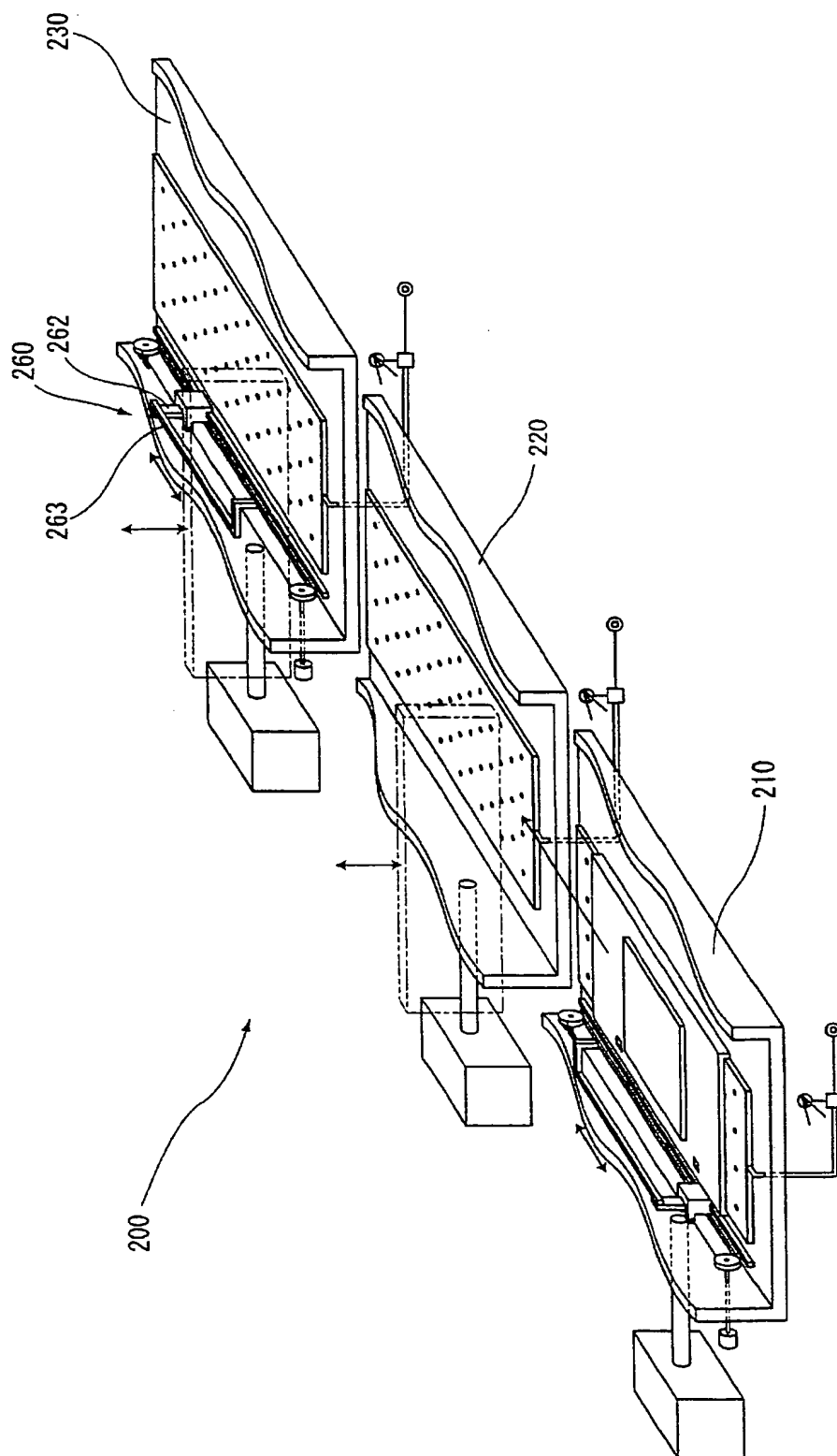
(a)



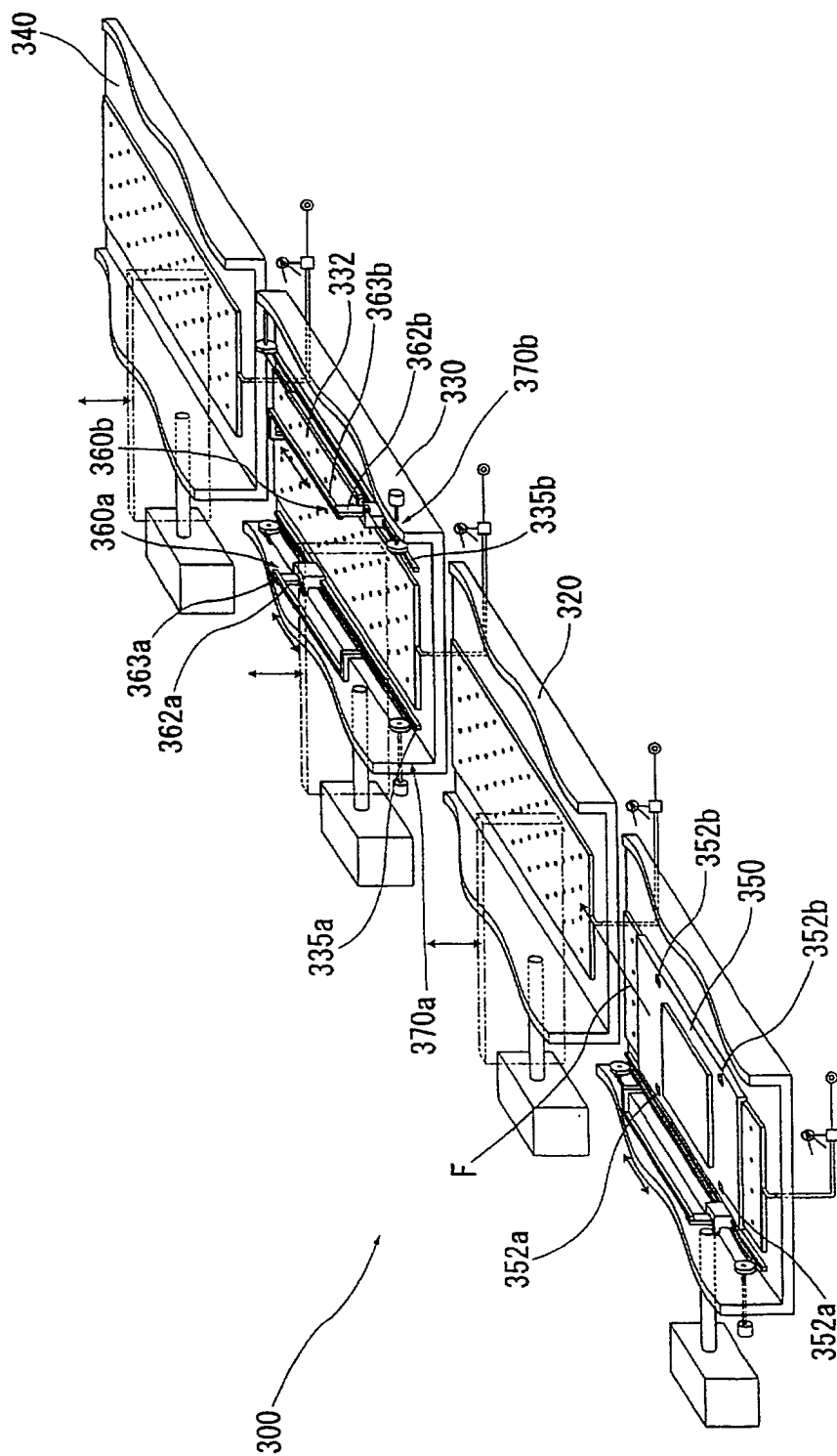
(b)



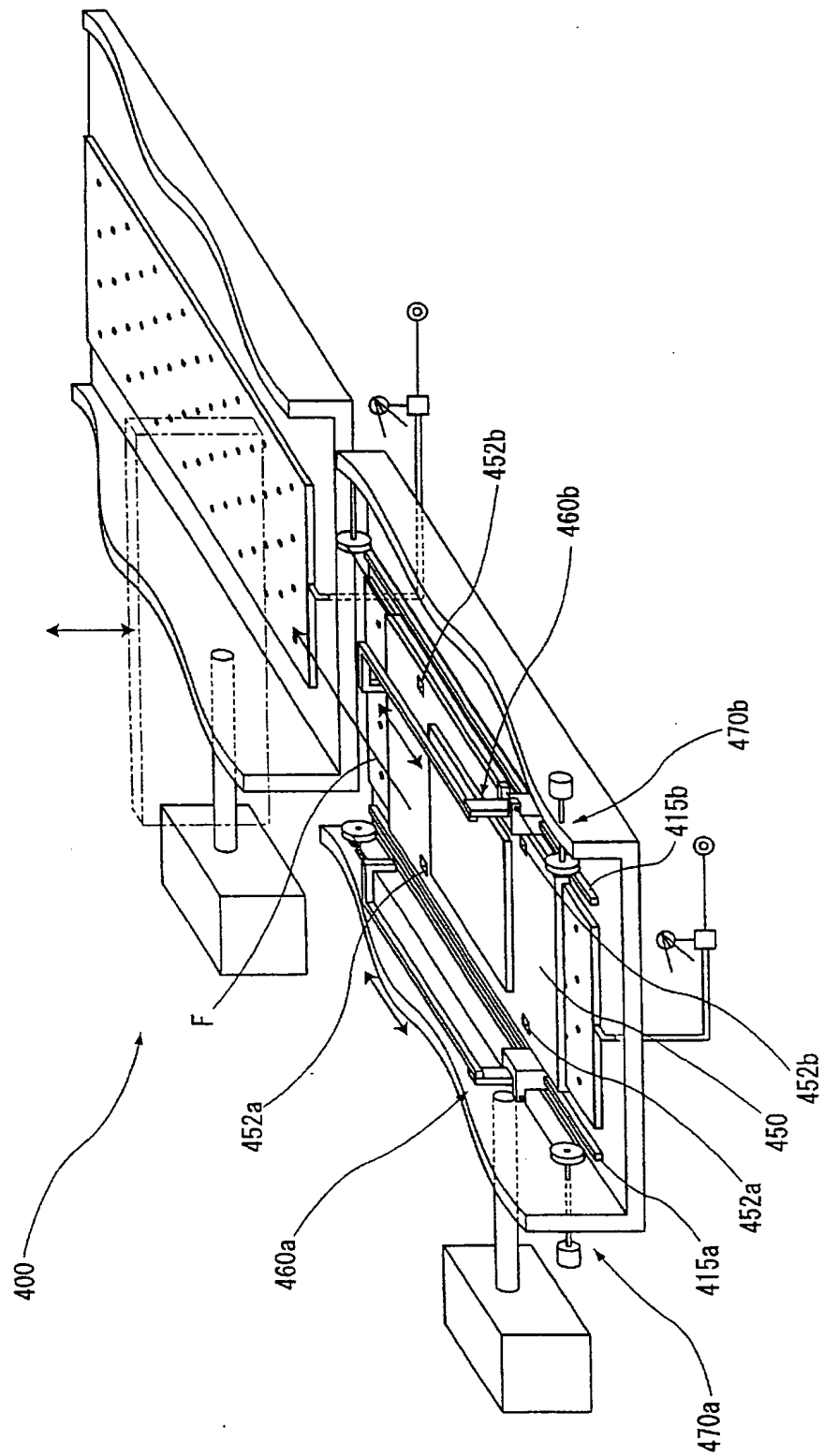
[図12]



[図 13]



[図14]



[図15]

